

## Heat and mass exchange reactor

The present invention relates to a heat and mass exchange reactor according to claim 1.

A heat and mass exchange reactor with two mass-separated channel systems is known from WO 91/00141. A liquid or gaseous heating or cooling medium flows through one channel system (the heat exchange channel system), and a gaseous medium and a second liquid medium flow through the other channel system (the mass exchange channel system). In this known reactor, the flows through both channels are parallel. For several applications this has the disadvantage that the heat exchange is not very efficient. However, when, on the other hand the emphasis is on a substantial heat exchange, it is not possible to realize a large mass ratio between the gaseous and liquid flow with the known reactor. Furthermore, the known reactor has a large footprint, and its production is relatively expensive.

Mass exchange devices and heat exchange devices derived therefrom are also known from climate and production technology:

In climate technology, rotating dryers with solid sorbents, or spray towers with hygroscopic liquids are applied as mass exchange devices. In these cases there is no accumulation of process energy to dry air.

Also known are indirect evaporation cooling devices that are realized with the aid of spray wetted heat exchange surfaces. In this case one of the problems is the drop formation in the water distribution: These drops must be separated at great costs. Another disadvantage is the often insufficient degree of wetting of the heat exchange surfaces.

The known low-temperature humidifiers are realized by a mass and heat exchange between an air flow and a water flow; usual embodiments are air washers and wetted wall type humidifiers. To obtain a high humidifying performance a substantial water flow is needed. Therefore, the temperature range of this water flow is small.

Furthermore, in production technology, packed columns and plate columns are used as mass exchange devices. These exchange devices are not suited to efficiently bring small liquid flows into contact with large gas flows.

Wiper systems, which are suited in principle, are technically complex, prone to failure, and expensive, due to their construction, mechanics, and moving parts. Therefore, their use for low-temperature applications or the processing of flows of low value substances is not an option.

The aim of the invention is to further develop a heat and mass exchange reactor in which two mass-separated channel systems are provided, in which a liquid or gaseous heating or cooling medium passes through one channel system (heat exchange channel system), and a gaseous medium and a second liquid medium pass through the other channel system (mass exchange channel system), to realize high mass and heat exchange ratios with a small footprint and low costs, even for low-temperature applications.

According to the invention a solution for this problem is given in claim 1. Embodiments of the invention are characterized in the subclaims.

According to the invention the heat exchange channel system is horizontal, and the mass exchange channel system is arranged vertically. This provides a higher heat exchange ratio with a small footprint. Furthermore, the second liquid medium (liquid mass exchange medium) is applied in a thin layer to at least part of the inner surface of the mass exchange channel system, which also gives a high mass exchange ratio.

Furthermore, the reactor according to the invention can be realized in such a way that it comprises no moving parts, using simple, known heat and climate technology parts. For drying air only the physically necessary flow of the hygroscopic liquid needs to be used, because it is possible to bring a very small hydrodynamically stable liquid flow without drop generation into contact with a gas flow. Thus, the reactor can be applied effectively to numerous applications in climate and production technology.

A very simple embodiment of the invention is obtained when the heat and mass exchange reactor comprises plates that are arranged in parallel with predefined spaces. By this arrangement it is simple to provide two channel systems that are mass-separated, and in which the reaction heat supply or removal of the one channel system is used for a process carried out in the second.

A liquid or gaseous medium A passes through one of the heat exchange channel systems. By the heating or cooling medium A the process temperature is forced upon the process in the other channel system, the mass exchange channel system, supplying or removing process heat.

A gaseous medium B and a second liquid medium C, which is spread as a thin layer on the inner surface, pass through the other mass exchange channel system. Between both media B and C heat and mass exchange take place.

Preferably, the construction of the heat exchange channel system matches that of a heat exchanger. In that case the necessary boundaries of a single channel may for example take the form of a double ribbed plate.

Appropriate means in the mass exchange channel system ensure that an evenly spread liquid flow C on the wall surfaces of the plates is also obtained in case of small volume flows, while also promoting the heat and mass exchange.

The feed or spreading of the liquid C onto the largest possible part of the surface of the mass exchange channel system can be promoted by special means or devices:

The spreading of a small volume liquid flow C on the surfaces can, for example, be realized with a special feed channel. This can be disposed above the heat exchange channel system in such a way that the liquid C is delivered onto the surfaces that make up the boundaries of the mass exchange channel system. Due to a special construction the mass exchange channel system stays open for the gas flow B.

Therefore, the heat and mass exchange reactor is especially useful for application in climate technology, for example as an air dryer that can store energy, as an indirect evaporation cooler and low-temperature humidifier, as well as in production technology; in production technology the reactor according to the invention can be used as a condenser, gas washer, and for absorption and desorption processes.

The spreading of a small volume liquid flow on the surface of the plates, that is, the mass exchange channel system, is obtained by using surface structures, for example fleece, plasma treatments, and roughening.

Built-in parts, such as spacers, can be used to maintain the liquid spread in the mass exchange channel system and to obtain continuous local mixing of the liquid flow C.

Appropriate means in the mass exchange channel system ensure a continuous mixing of the gas flow B. By using a special construction for the spacers they can obtain this aim too. The mixing of the gas flow B and the liquid flow C improves the heat and mass exchange in the reactor.

The heat and mass exchange reactor according to the invention offers decisive advantages in distinct application fields.

The reactor enables an air drying method in which the air drying can be realized using just the physically necessary flow of the hygroscopic liquid, and in which the concentration of the liquid shows a maximum change. This allows the storage of process energy for drying air with a high storage density in the concentrated hygroscopic liquid. A combination of the above heat and mass exchange reactor with an appropriate evaporation cooler allows the storage and transport of process energy for room climate control with a high energy density in the hygroscopic liquid. Thus, so far unused low-temperature sources (lower than 100°C) can be used for drying air and climate control.

When applied as indirect evaporation cooler, the water spreading generates no drops that need to be separated at high costs. Furthermore, the reactor construction according to the invention guarantees a significant higher wetting ratio of the heat exchanging surfaces, with the added advantage that it is virtually independent of the water flow C. Due to the small volume of the water flow C

necessary for wetting, its heat capacity flow is negligible. Thus, the cooling temperature in the flow A is set based on the air feed conditions, and is not imposed by the water flow C.

When used as low-temperature humidifier the advantage in comparison to the state-of-the-art is that the water flow C, which is used to wet the air (flow B), is small. This means that a large temperature difference between flow A and B can be reached in the exchanger. This is attractive and a big advantage, when for example a remote heat recycle net serves as a source for the process heat. The large temperature difference improves the performance of the net.

Furthermore, due to the small the volume of the liquid flow C, additional energy that would be needed for large liquid circulation pumps that would be necessary otherwise, is saved.

In the following the invention will be described using exemplary embodiments and schematic drawings, which show:

Fig. 1 - the schematic construction of a first exemplary embodiment, and

Fig. 2 - a second exemplary embodiment of a mass and heat exchange reactor.

The exemplary embodiment shown in Fig. 1 is constructed in such a way that, generally, it can be made of plastics.

The horizontally oriented heat exchange channel system (1) comprises an extruded double ribbed polypropylene plate (4). The heating or cooling medium, water A flows through horizontal channels formed in the plate.

The mass exchange channel system 2 comprises the vertical, parallel, spaced, double ribbed plates 4. On the double ribbed plate a device 5 is provided for the delivery of liquid flow C.

The device 5 comprises two perpendicular porous membrane tubes 7 made of PTFE and extending over the entire channel length 1, that are fixed in a molded plastic part 8. Each of the tubes 7 allows an even feeding or spreading of the liquid flow in question over the entire length of one of the surfaces that make up the air channel 2. The porosity of the tubes is adapted to the hydrodynamic properties of the liquid.

The surfaces that make up the air channel 2 of the plates 3, are covered with PES fleece 6. The fleece spreads the liquid flow C by capillary forces. In channel 2 there is a PE spacer 9, which determines the spacing of the plates, and extends over the length of the fleece covered surfaces. The spacer fixes the fleece 6 on the surface, and also maintains the position of the porous tube 7. Furthermore, the spacer increases the mechanical stability of the plates, and simultaneously guarantees a predefined channel cross-section under a variety of process conditions.

In Fig. 1 it is not shown that the channels of the double ribbed plates discharge into plastic pipes of polypropylene on both sides, which are welded to them. These pipes are connected to a distributing and collecting system that also is made of polypropylene.

The porous tubes 7 are closed at one side in the exemplary embodiment. At the open end they are connected to a common manifold.

Fig. 2 shows another exemplary embodiment in which the horizontal heat exchange channels 1 comprise pipes that run between plates 3' that delimit the vertical mass exchange channel system 2. For the delivery of the liquid in the channel system the pipes 7 are provided with spray nozzles 7'. To increase the surface, and to spread the liquid in the channel system 2, the channel system 2 penetrating pipes 1 are provided with a fleece 6, which performs the same function as in the exemplary embodiment shown in Fig. 1. The other aspects of the operation also match those of the first exemplary embodiment.

The mass and heat exchange reactor according to the invention can be used as an air dryer with a storage function for the dehumidification of air (flow B) by a concentrated hygroscopic liquid (flow C). When this is done, the reaction heat of the process is removed by the flow A. The dry air can be used for the dehumidification of rooms or products. By rewetting it again, for example in an indirect evaporation cooler, it will be fit again for room climate control purposes. Due to the special construction of the reactor, only the physically necessary minimum volume flow of the hygroscopic

liquid is needed. This way the liquid is diluted substantially in the course of drying the air. The large concentration difference that can be obtained this way, allows the use of the hygroscopic liquid as a storage and transport medium for cooling and dehumidification ends.

With the same exchange reactor the diluted hygroscopic liquid can be concentrated again.

For this, process heat at a higher temperature is supplied by way of flow A. Due to the special construction, a method of operation becomes possible that allows the storage of redundant heat from industrial processes or process heat from solar energy in the hygroscopic liquid as absorption energy.

The mass and heat exchange reactor can also be used as an indirect evaporation cooler. In this case flow A is the air to be cooled, flow B the exhaust air to be humidified, and flow C the humidifying water flow.

Another application field of the mass and heat exchange reactor according to the invention is the humidification of air. In this case process heat, for example redundant industrial heat with an otherwise useless low-temperature level below 100°C, is used (flow A).

In process technology, the mass and heat exchange reactor could advantageously be used as a gas washer.

Furthermore, the temperature range, which depends on the plastics used, as well as the resistance of plastics to many substances that are corrosive to other materials, open the way to further fields of application.

Furthermore, the mass and heat exchange reactor can be used advantageously for absorption and desorption processes. This application is advantageous when the flows A and B are considered to be products, and liquid flow C cannot be provided in excess. The temperature of the process can be imposed by flow A.

## Claims

1. Heat and mass exchange reactor comprising two mass-separated channel systems (1,2), through the first of which (heat exchange channel system 1) a liquid or gaseous heating or cooling medium A flows, and through the second of which (mass exchange channel system 2) a gaseous medium B and a second liquid medium C flow, **characterized in that** the heat exchange channel system (1) is arranged horizontally, and the mass exchange channel system (2) vertically, and that the second liquid medium is applied in a thin layer on at least part of the interior surface of the mass exchange channel system.

2. Reactor according to claim 1, **characterized in that** a special delivery channel (5) is provided for the delivery and spreading of the small volume liquid flow C onto at least part of the surface of the mass exchange channel system (2).

3. Reactor according to claim 2, **characterized in that**, to obtain a large mass ratio of gaseous to liquid flow, the delivery channel (5) for the liquid flow C comprises horizontal porous membrane tubes (7) extending over the entire length of the channel system (1), which membrane tubes (7) are fixed in a molded plastic part.

4. Reactor according to one of claims 1 to 3, **characterized in that**, the reactor comprises plates (3) that are arranged in parallel with predefined spaces.

5. Reactor according to claim 4, **characterized in that**, the delivery channel (5) is disposed above the channel system (1) in the reactor plate (3).

6. Reactor according to one of claims 1 to 5, **characterized in that**, the spreading of the small volume liquid flow C on the surface of channel system (2) is obtained by appropriate surface structures such as fleece (6), plasma treatments, or roughening.

7. Reactor according to one of claims 1 to 6, **characterized in that**, the heat exchange channel system (1) has a construction similar to that of a heat exchanger, in which the necessary boundary surfaces of a single channel are for example shaped as double ribbed plates (4).

8. Reactor according to one of claims 1 to 7, **characterized in that**, each heat exchange channel system (1) is constructed as a double ribbed plate (4) with a delivery channel (5) for horizontal flow on top of it, while the channel system (2) is arranged vertically between the spaced, parallel, double ribbed plates (4).

9. Reactor according to claim 8, **characterized in that**, each delivery device for liquid flow C is disposed on the double ribbed plate (4).

10. Reactor according to one of claims 1 to 9, **characterized in that**, built-in parts are provided for the even and stable spreading of the liquid flow C, as well as for the continuous mixing of gas flow B and liquid flow C.

11. Reactor according to claim 10, **characterized in that**, the built-in parts are spacers (9).

12. Reactor according to one of claims 1 to 11, **characterized in that**, preferably, the reactor is made of plastics and contains no moving parts.

## Heat and material exchange reactor

**Publication number:** DE4321743  
**Publication date:** 1994-03-17  
**Inventor:** LAEVEMANN EBERHARD (DE); KESLING WOLFGANG (DE); HEINZL WOLFGANG (DE); JUNG DIETRICH (DE); SITZMANN RUDOLF (DE)  
**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **F24F3/147; F28D3/00; F28D3/02; F24F3/12; F28D3/00;** (IPC1-7): B01D47/00; B01J10/00; F28D9/00; F28F9/00  
- **European:** F24F3/147; F28D3/00; F28D3/02  
**Application number:** DE19934321743 19930630  
**Priority number(s):** DE19934321743 19930630; DE19924221055 19920630

*Report a data error here*

### Abstract of **DE4321743**

The reactor has two materially separate channel systems. The heat exchanger system (1) contains a liquid or gaseous heating/cooling medium (A), the material exchange system (2) contains a gaseous medium (B) and a second liquid medium (C). The first channel system is horizontal, the second system is vertical. The second liquid medium is applied in a thin layer to at least part of the inner surface of the material exchange system. The liquid is applied/distributed by a special distribution channel (5). This channel consists of horizontal porous membrane hoses (7), which extend over the complete length of the heat exchanger channel system. The hoses are fixed in a plastic moulded part (8).

.....  
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 21 743 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B01J 10/00**  
F 28 D 9/00  
F 28 F 9/00  
// B01D 47/00

②1 Aktenzeichen: P 43 21 743.5  
②2 Anmeldetag: 30. 6. 93  
④3 Offenlegungstag: 17. 3. 94

**DE 43 21 743 A 1**

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
30.06.92 DE 42 21 055.0

⑦1 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

⑦4 Vertreter:  
Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 80689  
München; Steinmann, O., Dr., Rechtsanwalt, 8000  
München

⑦2 Erfinder:  
Lävmann, Eberhard, 82256 Fürstenfeldbruck, DE;  
Keßling, Wolfgang, 80469 München, DE; Heinzl,  
Wolfgang, 83561 Ramersberg, DE; Jung, Dietrich,  
81739 München, DE; Sitzmann, Rudolf, 81825  
München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Wärme- und Stoffaustauschreaktor

⑤7 Beschrieben wird ein Wärme- und Stoffaustauschreaktor,  
bei dem zwei stofflich voneinander getrennte Kanalsysteme  
vorgesehen sind, von denen das eine Kanalsystem (Wärme-  
austausch-Kanalsystem) von einem flüssigen oder gasförmigen  
Heiz- oder Kühlmedium A und das andere Kanalsystem  
(Stoffaustausch-Kanalsystem) von einem gasförmigen Me-  
dium B und einem weiteren flüssigen Medium C durchströmt  
ist.  
Der erfindungsgemäße Reaktor zeichnet sich dadurch aus,  
daß das Wärmeaustausch-Kanalsystem horizontal und das  
Stoffaustausch-Kanalsystem vertikal angeordnet ist, und  
daß das weitere flüssige Medium in dünner Schicht zumin-  
dest auf einem Teil der inneren Oberfläche des Stoffaus-  
tausch-Kanalsystems aufgebracht ist.

**DE 43 21 743 A 1**

Die Erfindung betrifft einen Wärme- und Stoffaustauschreaktor gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Wärme- und Stoffaustauschreaktor mit zwei stofflich voneinander getrennten Kanalsystemen ist aus der WO 91/00141 bekannt. Das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem) wird von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium und das andere Kanalsystem (Stoffaustausch-Kanalsystem) von einem gasförmigen Medium und einem weiteren flüssigen Medium durchströmt. Bei diesem bekannten Reaktor verlaufen die Ströme durch die beiden Kanalsysteme parallel. Dies hat bei einer Reihe von Anwendungsfällen den Nachteil, daß der Wärmeaustausch nicht besonders effizient ist. Andererseits läßt sich mit dem bekannten Reaktor dann, wenn auf einen guten Wärmeaustausch Wert gelegt wird, kein großes Massenverhältnis zwischen Gas- und Flüssigkeitsstrom realisieren. Darüberhinaus hat der bekannte Reaktor einen großen Platzbedarf und ist vergleichsweise aufwendig in der Herstellung.

Stofftauscher und hiervon getrennte Wärmeaustauscher sind ferner aus der Klima- und Verfahrenstechnik bekannt:

Als Stoffaustauscher kommen in der Klimatechnik rotierende Trockner mit festen Sorbentien oder Sprühwäscher mit hygroskopischen Flüssigkeiten zum Einsatz. Eine Speicherung von Prozeßenergie zur Lufttrocknung findet dabei nicht statt.

Weiterhin sind indirekte Verdunstungskühler bekannt, die mit Hilfe von durch Düsen benetzten Wärmeaustauschflächen realisiert werden. Problematisch ist hier u. a. die Tröpfchenbildung bei der Wasserverteilung: Diese Tröpfchen müssen aufwendig abgeschieden werden. Weiterhin ist der oft nicht ausreichende Benetzungsgrad der wärmeaustauschenden Flächen nachteilig.

Die bekannten Niedertemperaturbefeuchter werden durch einen Stoff- und Wärmeaustausch zwischen einem Luft- und einem Wasserstrom realisiert; übliche Ausführungsformen sind Luftwäscher und Rieselfilmbefeuchter. Um eine hohe Befeuchtungsleistung zu erzielen, muß ein großer Wasserstrom verwendet werden. Die Temperaturspreizung dieses Wasserstroms ist deshalb klein.

In der Verfahrenstechnik werden als Stoffaustauscher ferner Füllkörperkolonnen und Bodenkolonnen eingesetzt. Diese Austauscher sind nicht geeignet, kleine Flüssigkeitsströme mit großen Gasströmen effizient in Kontakt zu bringen.

Wischersysteme, die prinzipiell dafür geeignet sind, sind auf Grund ihres Aufbaus, ihrer Mechanik und der bewegten Teile technisch aufwendig, stör anfällig und teuer. Für eine Niedertemperaturanwendung oder bei Verarbeitung von Strömen geringwertiger Stoffe kommt ein Einsatz daher nicht in Frage.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärme- und Stoffaustauschreaktor, bei dem zwei stofflich voneinander getrennte Kanalsysteme vorgesehen sind, von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium und das andere Kanalsystem (Stoffaustausch-Kanalsystem) von einem gasförmigen Medium und einem weiteren flüssigen Medium durchströmt ist, derart weiterzubilden, daß hohe Stoff- und Wärmeaustauschraten bei geringem Platzbedarf und Bauaufwand auch bei Niedertemperaturanwendun-

gen realisierbar sind.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß ist das Wärmeaustausch-Kanalsystem horizontal und das Stoffaustausch-Kanalsystem vertikal angeordnet ist. Hierdurch ergibt sich bei geringem Platzbedarf eine große Wärmeaustauschrates. Weiterhin ist das weitere flüssige Medium (flüssiges Stoffaustauschmedium) in dünner Schicht zumindest auf einem Teil der inneren Oberfläche des Stoffaustausch-Kanalsystems aufgebracht ist, so daß sich auch eine hohe Stoffaustauschrates ergibt.

Der erfindungsgemäße Reaktor kann dabei unter Verwendung einfacher aus der Wärme- und Klimatechnik bekannter Bauteile so realisiert werden, daß er keine bewegten Teile aufweist. Für die Lufttrocknung muß nur mit dem physikalisch notwendigen Strom der hygroskopischen Flüssigkeit gearbeitet werden, wobei ein sehr kleiner, hydrodynamisch stabiler Flüssigkeitsstrom ohne Tröpfchenbildung mit einem Gasstrom in Kontakt gebracht werden kann. Damit ist der Reaktor für eine Vielzahl von Anwendungen in der Klima- und Verfahrenstechnik effektiv einsetzbar.

Eine besonders einfache Realisierung der Erfindung erhält man, wenn der Wärme- und Stoffaustauschreaktor aus Platten aufgebaut ist, die in definierten Abständen parallel zueinander angeordnet sind. Durch diese Anordnung lassen sich in einfacher Weise zwei Kanalsysteme schaffen, die stofflich voneinander getrennt sind, und von denen eines der Zu- oder Abfuhr von Reaktionswärme für einen im zweiten Kanalsystem stattfindenden Prozeß dient.

Das eine Wärmeaustausch-Kanalsystem wird von einem flüssigen oder gasförmigen Medium A durchströmt. Über das Heiz- oder Kühlmedium A wird dem Prozeß im anderen Kanalsystem, dem Stoffaustausch-Kanalsystem die Prozeßtemperatur aufgeprägt und dabei Prozeßwärme zu- oder abgeführt.

Das andere Stoffaustausch-Kanalsystem wird von einem gasförmigen Medium B und einem weiteren flüssigen Medium C durchströmt, das in dünner Schicht auf der inneren Oberfläche verteilt ist. Zwischen den beiden Medien B und C findet ein Wärme- und Stoffaustausch statt.

Der Aufbau des Wärmeaustausch-Kanalsystems entspricht bevorzugt dem eines Wärmetauschers. Die benötigten Begrenzungsflächen eines einzelnen Kanals können dabei beispielsweise in Form einer Stegdoppelplatte ausgebildet sein.

Durch geeignete Maßnahmen im Stoffaustausch-Kanalsystem wird erreicht, daß der Flüssigkeitsstrom C auch bei kleinen Volumenströmen gleichmäßig auf der Wandfläche der Platten verteilt und außerdem der Wärme- und Stoffübergang gefördert wird.

Die Aufgabe bzw. Verteilung der Flüssigkeit C auf einen möglichst großen Teil der Oberfläche des Stoffaustausch-Kanalsystems kann durch spezielle Maßnahmen bzw. Einrichtungen gefördert werden:

So kann die Verteilung von kleinsten Flüssigkeitsvolumenströmen C auf die Oberflächen durch einen speziellen Aufgabekanal realisiert werden. Dieser kann oberhalb des Wärmeaustausch-Kanalsystems so angebracht werden, daß die Flüssigkeit C auf die das Stoffaustausch-Kanalsystem begrenzenden Oberflächen aufgegeben wird. Durch eine spezielle Ausführung bleibt das Stoffaustausch-Kanalsystem für den Gasstrom B offen.



Der erfindungsgemäße Wärme- und Stoffaustauschreaktor kann damit insbesondere in der Klimatechnik, beispielsweise als Lufttrockner, der eine Energiespeicherung ermöglicht, als indirekter Verdunstungskühler und Niedertemperaturbefeuchter sowie in der Verfahrenstechnik eingesetzt werden; in der Verfahrenstechnik kann der erfindungsgemäße Reaktor als Kondensator, als Gaswäscher und für Absorptions- und Desorptionsprozesse verwendet werden.

Die Verteilung eines kleinen Flüssigkeitsvolumenstroms auf der Oberfläche der Platten bzw. des Stoffaustausch-Kanalsystems wird durch Oberflächenstrukturen, z. B. Vlies, Plasmabehandlung, Aufräumen erreicht.

Zur Aufrechterhaltung der Flüssigkeitsverteilung im Stoffaustausch-Kanalsystem und zur ständigen lokalen Durchmischung des Flüssigkeitsstroms C können Einbauten wie beispielsweise Abstandshalter verwendet werden.

Durch geeignete Maßnahmen im Stoffaustausch-Kanalsystem wird erreicht, daß sich der Gasstrom B ständig durchmischt. Diese Aufgabe kann durch eine spezielle Ausführung der Abstandshalter von diesen mit übernommen werden. Die Durchmischung des Gasstromes B und des Flüssigkeitsstromes C verbessern den Wärme- und Stoffübergang im Reaktor.

Der erfindungsgemäße Wärme- und Stoffaustauschreaktor weist auf den einzelnen Anwendungsgebieten entscheidende Vorteile auf.

So ermöglicht er einen Lufttrocknungsprozeß, bei dem die Lufttrocknung nur mit dem physikalisch notwendigen Strom der hygroskopischen Flüssigkeit realisierbar ist, und bei dem die Konzentration der Flüssigkeit maximal verändert wird. Dadurch wird eine Speicherung von Prozeßenergie zur Lufttrocknung mit hoher Speicherdichte in der konzentrierten hygroskopischen Flüssigkeit ermöglicht. Eine Kombination des beschriebenen Wärme- und Stoffaustauschreaktors mit einem geeigneten Verdunstungskühler ermöglicht die Speicherung und den Transport von Prozeßenergie zur Raumklimatisierung mit hoher Energiedichte in der hygroskopischen Flüssigkeit. Damit können bisher nicht genutzte Niedertemperaturquellen (unterhalb 100°C) für die Lufttrocknung und Klimatisierung genutzt werden.

Beim Einsatz als indirekter Verdunstungskühler entstehen bei der Wasserverteilung keine Tröpfchen, die aufwendig abgeschieden werden müssen. Zum anderen gewährleistet der erfindungsgemäße Reaktoraufbau einen wesentlich größeren Benetzungsgrad der wärmeaustauschenden Flächen, der darüber hinaus von dem Wasserstrom C weitgehend unabhängig ist. Aufgrund des geringen zur Befeuchtung benötigten Wasserstroms C ist dessen Wärmekapazitätenstrom zu vernachlässigen. Damit stellt sich die Kühltemperatur im Strom A aufgrund der angebotenen Luftzustände ein und wird nicht vom Wasserstrom C aufgeprägt.

Eingesetzt als Niedertemperaturbefeuchter besteht der Vorzug gegenüber dem Stand der Technik darin, daß der Wasserstrom C, der zur Befeuchtung der Luft (Strom B) verwendet wird, klein ist. Dadurch kann über den Austauscher eine große Temperaturdifferenz in Strom A und B erreicht werden. Dies ist interessant und besonders von Vorteil, wenn z. B. das Fernwärmerücklaufnetz als Energiequelle für die Prozeßwärme dient. Die große Temperaturdifferenz erhöht die Leistung des Netzes.

Außerdem wird aufgrund des kleinen Flüssigkeitsstroms C Hilfsenergie für sonst notwendige große Flüssigkeits-Umlaufpumpen gespart.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen exemplarisch anhand der Zeichnung beschrieben, in der zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels, und

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Stoff- und Wärmeaustauschreaktors.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel ist so aufgebaut, daß es durchgängig aus Kunststoff bestehen kann.

Das horizontal verlaufende Wärmeaustausch-Kanalsystem (1) wird durch eine extrudierte Stegdoppelplatte (4) aus Polypropylen gebildet. Das Heiz- oder Kühlmedium Wasser A strömt horizontal durch die in der Platte ausgebildeten Kanäle.

Das Stoffaustausch-Kanalsystem 2 wird durch die vertikalen, parallelen, mit Abstand zueinander angeordneten Stegdoppelplatten 4 ausgebildet. Auf den Stegdoppelplatten ist eine Einrichtung 5 zur Aufgabe des Flüssigkeitsstroms C angebracht.

Die Einrichtung 5 besteht aus zwei waagrecht über die gesamte Kanallänge 1 verlaufenden porösen Membranschläuchen 7 aus PTFE, die in einem Kunststoffformteil 8 fixiert sind. Jeder der Schläuche 7 ermöglicht einen über die gesamte Länge gleichmäßigen Zulauf, d. h. Verteilung des jeweiligen Flüssigkeitsstroms auf eine den Luftkanal 2 bildende Oberfläche. Die Porosität der Schläuche wird den hydrodynamischen Flüssigkeitseigenschaften angepaßt.

Die den Luftkanal 2 bildenden Oberflächen der Platten 3 sind mit Vlies 6 aus PES bedeckt. Das Vlies verteilt den Flüssigkeitsstrom C durch Kapillarkräfte. Im Kanal 2 befindet sich ein Abstandshalter 9 aus PE der den Plattenabstand bestimmt und sich über die Länge der vliesbedeckten Fläche erstreckt. Mit dem Abstandshalter wird sowohl das Vlies 6 an der Oberfläche fixiert als auch der poröse Schlauch 7 in Position gehalten. Außerdem wird durch den Abstandshalter die mechanische Stabilität der Platten erhöht und gleichzeitig bei verschiedenen Betriebszuständen ein definierter Kanalschnitt garantiert.

Nicht dargestellt ist in Fig. 1, daß die Kanäle der Stegdoppelplatten auf beiden Seiten in angeschweißte Kunststoffrohre aus Polypropylen münden. Diese Rohre sind an ein Verteil- und Sammelsystem, das gleichfalls aus Polypropylen besteht, angeschlossen.

Die porösen Schläuche 7 sind im Ausführungsbeispiel einseitig verschlossen. Am offenen Ende sind sie an einen gemeinsamen Verteiler angeschlossen.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die horizontalen Wärmeaustausch-Kanäle 1 als Rohre ausgebildet sind, die zwischen Platten 3' verlaufen, die das vertikale Stoffaustausch-Kanalsystem 2 begrenzen. Zur Aufgabe der Flüssigkeit in das Kanalsystem 2 sind Rohre 7 mit Sprühverteilern 7' vorgesehen. Zur Erhöhung der Oberfläche bzw. zur Verteilung der Flüssigkeit im Kanalsystem 2 ist auf den das Kanalsystem 2 durchsetzenden Rohren 1 ein Vlies 6 vorgesehen, das die gleiche Funktion wie beim in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel hat. Auch die weitere Funktionsweise entspricht dem ersten Ausführungsbeispiel.

Der erfindungsgemäße Stoff- und Wärmeaustauschreaktor kann als Lufttrockner mit Speichereffekt zur Entfeuchtung von Luft (Strom B) durch eine konzentrierte, hygroskopische Flüssigkeit (Strom C) verwendet werden. Die Reaktionswärme des Prozesses wird dabei durch den Strom A abgeführt. Die trockene Luft kann

zur Entfeuchtung von Räumen oder Produkten eingesetzt werden. Durch ein erneutes Befeuchten, z. B. in einem indirekten Verdunstungskühler, steht sie für Raumklimatisierungszwecke zur Verfügung. Aufgrund des speziellen Aufbaus des Reaktors wird zur Lufttrocknung nur der physikalisch notwendige Minimalvolumenstrom hygroskopischer Flüssigkeit benötigt. Dadurch verdünnt sich die Flüssigkeit während des Lufttrocknungsvorgangs stark. Die so erreichbare große Differenz in der Konzentration ermöglicht es, die hygroskopische Flüssigkeit als Speicher- und Transportmedium für Kühl- und Entfeuchtungsaufgaben zu verwenden.

Mit dem gleichen Austauschreaktor kann die verdünnte, hygroskopische Flüssigkeit wieder konzentriert werden.

Dabei wird über den Strom A bei erhöhter Temperatur Prozeßwärme zugeführt. Aufgrund des speziellen Aufbaus wird eine Prozeßführung ermöglicht, durch die es gelingt, Abfallwärme aus Industrieprozessen oder Prozeßwärme aus Sonnenenergie in der hygroskopischen Flüssigkeit als Absorptionsenergie zu speichern.

Der Stoff- und Wärmeaustauschreaktor kann auch als indirekter Verdunstungskühler verwendet werden. Strom A ist dabei die zu kühlende Luft, Strom B die zu befeuchtende Abluft und Strom C der befeuchtende Wasserstrom.

Ein weiteres Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Stoff- und Wärmeaustauschreaktors ist die Befeuchtung von Luft. Dabei wird Prozeßwärme, z. B. industrielle Abwärme, von einem sonst nicht nutzbaren, niedrigen Temperaturniveau unterhalb 100°C verwendet (Strom A).

In der Verfahrenstechnik empfiehlt sich der Einsatz des Stoff- und Wärmeaustauschreaktors als Gaswäscher.

Der vom eingesetzten Kunststoff abhängige Temperaturbereich sowie die Resistenz von Kunststoffen gegen viele, für andere Materialien korrosive Stoffe eröffnet dabei weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Der Stoff- und Wärmeaustauschreaktor kann weiterhin vorteilhaft für Absorptions- und Desorptionsprozesse eingesetzt werden. Diese Anwendung ist interessant, wenn die Ströme B und C als Produkt angesehen werden und ein Flüssigkeitsstrom C nicht im Überschuß angeboten werden kann. Die Temperatur des Prozesses kann durch den Strom A aufgeprägt werden.

#### Patentansprüche

1. Wärme- und Stoffaustauschreaktor, bei dem zwei stofflich voneinander getrennte Kanalsysteme (1, 2) vorgesehen sind, von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem 1) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium A und das andere Kanalsystem (Stoffaustausch-Kanalsystem 2) von einem gasförmigen Medium B und einem weiteren flüssigen Medium C durchströmt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeaustausch-Kanalsystem (1) horizontal und das Stoffaustausch-Kanalsystem (2) vertikal angeordnet ist, und daß das weitere flüssige Medium in dünner Schicht zumindest auf einem Teil der inneren Oberfläche des Stoffaustausch-Kanalsystems aufgebracht ist.
2. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aufbringen bzw. Verteilen von kleinsten Flüssigkeitsvolumenströmen C auf wenigstens

einem Teil der Oberfläche des Stoffaustausch-Kanalsystems (2) ein spezieller Aufgabekanal (5) vorhanden ist.

3. Reaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung eines großen Massenverhältnisses von Gas- zu Flüssigkeitsstrom der Aufgabekanal (5) für den Flüssigkeitsstrom C aus horizontal über die gesamte Länge des Kanalsystems (1) verlaufende poröse Membranschläuche (7) besteht, wobei die Membranschläuche (7) in einem Kunststoffformteil (8) fixiert sind.

4. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor aus Platten (3) aufgebaut ist, die in definierten Abständen parallel zueinander angeordnet sind.

5. Reaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufgabekanal (5) oberhalb des Kanalsystems (1) in den Reaktorplatten (3) angeordnet ist.

6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung des kleinen Flüssigkeitsvolumenstromes C auf der Oberfläche des Kanalsystems (2) durch geeignete Oberflächenstrukturen, wie beispielsweise Vlies (6), Plasmaabehandlung, Aufrauen erfolgt.

7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeaustausch-Kanalsystem (1) analog einem Wärmeaustauscher aufgebaut ist, wobei die nötigen Begrenzungsflächen eines einzelnen Kanals beispielsweise als Stegdoppelplatte (4) ausgebildet sind.

8. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeaustausch-Kanalsystem (1) jeweils in einer Stegdoppelplatte (4) mit dem darüber liegenden Aufgabekanal (5) zur horizontalen Durchströmung ausgebildet ist, während das Kanalsystem (2) vertikal zwischen den parallelen, mit Abstand zueinander angeordneten Stegdoppelplatten (4) verläuft.

9. Reaktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Aufgabe des Flüssigkeitsstromes C jeweils auf den Stegdoppelplatten (4) angeordnet ist.

10. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur gleichmäßigen und stabilen Verteilung des Flüssigkeitsstromes C sowie zur ständigen Durchmischung des Gasstromes B und des Flüssigkeitsstromes C Einbauten vorgesehen sind.

11. Reaktor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten Abstandshalter (9) sind.

12. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß er vorzugsweise aus Kunststoff aufgebaut ist und keine beweglichen Teile enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

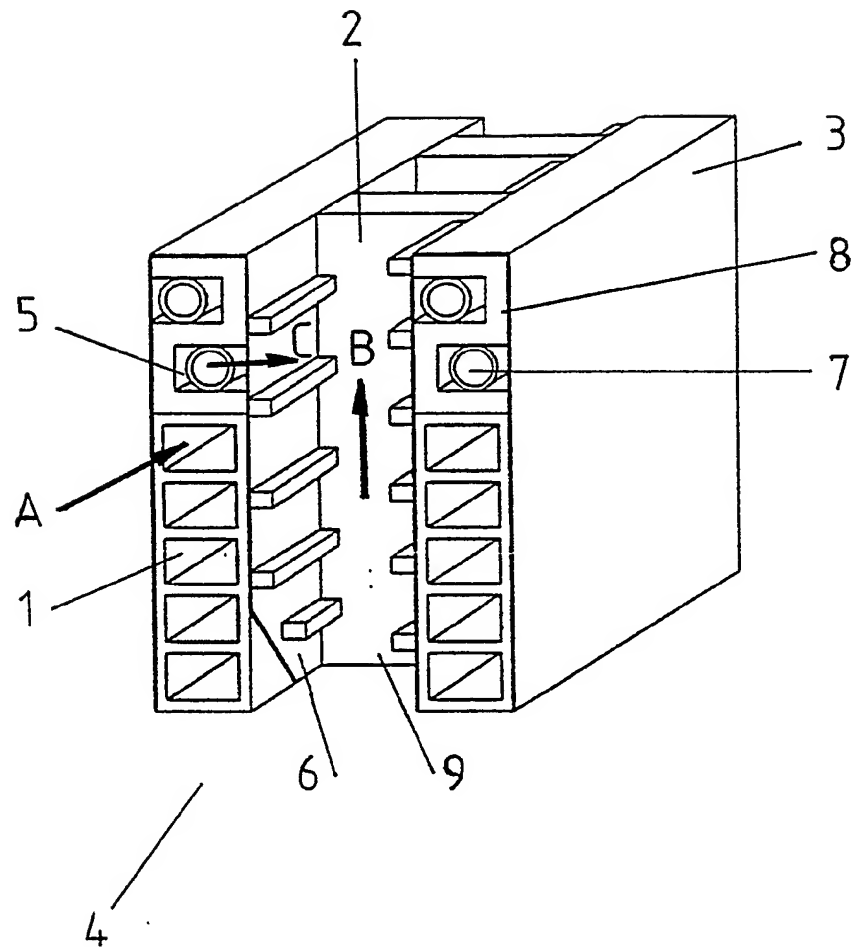


FIG. 1

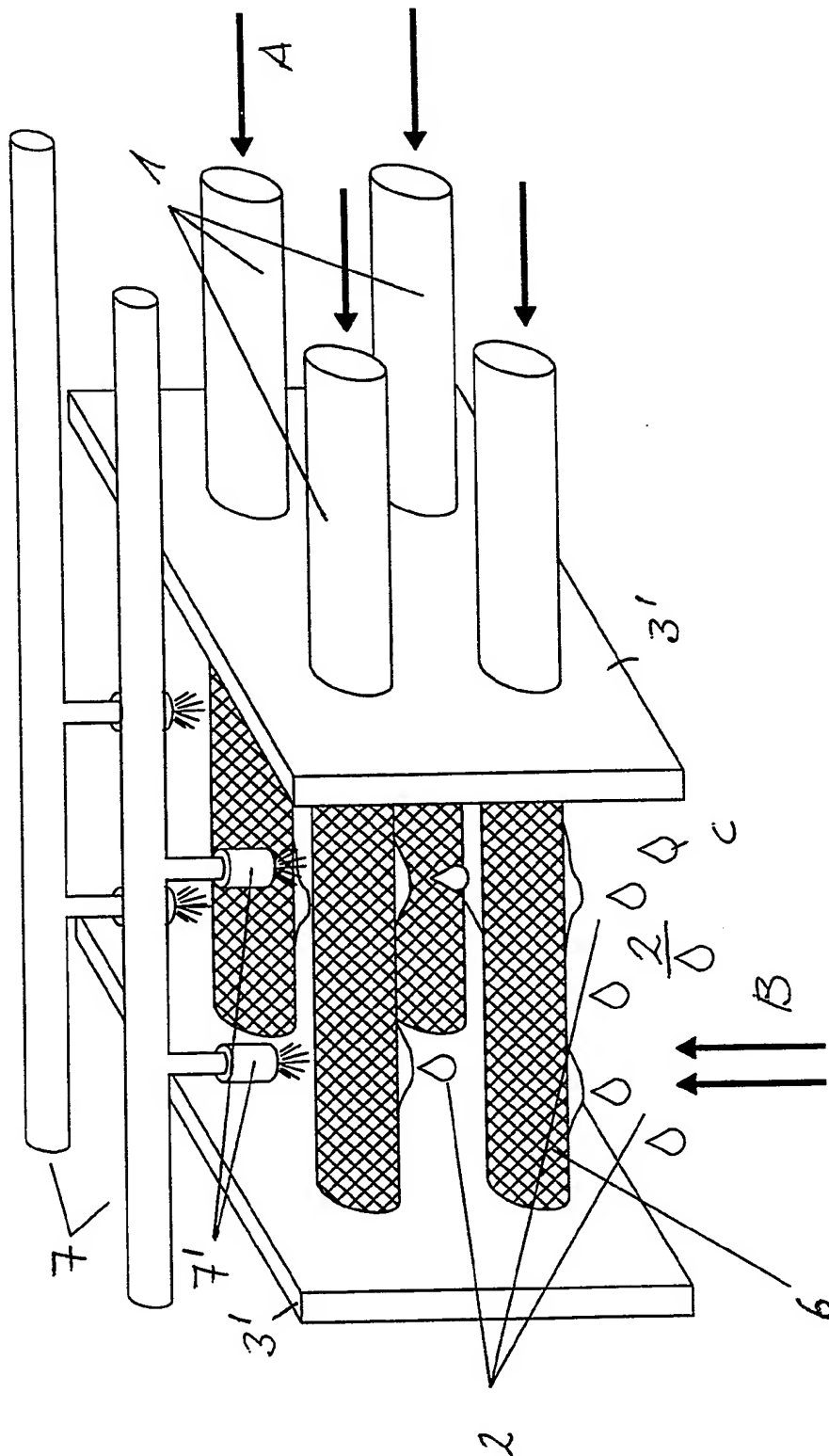


Fig. 2